

Návrh napájení pro budovu CEETe

Power supply design for CEETe building

Matěj Urbaník

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Lukáš Prokop, Ph.D.

Ostrava, 2021

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá projektováním a návrhem napájení pro novou budovu CEETe, která se bude nacházet v areálu VŠB-TUO. Práce řeší teorii návrhu kabelových vedení a jejich požadavky pro dimenzování podle daných hledisek. Cílem samostatné části práce je vytvoření přípravy projektové dokumentace ve stupni pro provádění stavby. Součástí je návrh výzbroje VN rozváděče a ekonomické zhodnocení návrhu napájení pro budovu CEETe.

Klíčová slova

VN kabelové vedení, VN rozváděč, ekonomika projektu, projektová dokumentace

Abstract

This diploma thesis deals with the design and planning of power supply for the new CEETe building, which will be located in the VŠB-TUO campus. The thesis deals with the theory of design of cable lines and their requirements for dimensioning according to the given aspects. The aim of a separate part of the work is to create the preparation of project documentation in the stage for the construction. It includes the design of MV switchgear equipment and economic evaluation of the power supply design for the CEETe building.

Keywords

MV cable, MV switchboard, project economics, project documentation

Obsah

1.	Úvod.....	7
2.	Teoretický úvod	8
2.1	Vnější vlivy.....	8
2.1.1	Typy vnějších vlivů	8
2.1.2	Seznam vnějších vlivů	10
2.1.3	Určování prostor dle působení vnějších vlivů	11
2.2	Dimenzování kabelových vedení.....	12
2.2.1	Určení zatížení a výpočtového proudu vedení	13
2.2.2	Dimenzování z hlediska provozní teploty	14
2.2.3	Dimenzování z hlediska úbytku napětí	14
2.2.4	Dimenzování z hlediska tepelných účinků zkratových proudů	15
2.2.5	Dimenzování vodičů podle hospodárnosti.....	15
2.2.6	Dimenzování jištění vodičů	15
2.3	Projekční činnost.....	16
2.3.1	Projektant.....	16
2.3.2	Technické předpisy a normy	16
2.3.3	Legislativa.....	17
2.4	Projektová dokumentace.....	19
2.4.1	Proces tvorby projektové dokumentace.....	19
2.4.2	Druhy projektové dokumentace	19
2.4.3	Skladba projektové dokumentace	21
2.5	Software pro projektování	22
2.5.1	Grafické programy pro 2D a 3D projektování	22
2.5.2	Software pro výpočet parametrů elektrických zařízení	23
2.5.3	Rozpočtový software	23
3.	Dimenzování kabelového vedení pro přípojku budovy CEETe	25
3.1	Parametry sítě.....	25
3.2	Výpočet celkového zatížení objektu	26
3.3	Návrh kabelové přípojky pro budovu CEETe.....	27
3.3.1	Parametry navrhovaného kabelu 22-AXEKVCEY 150 mm ²	27

3.3.2	Výpočet na dovolené provozní oteplení a zatížení	29
3.3.3	Výpočet úbytku napětí na kabelu	30
3.3.4	Výpočet zkratových poměrů	30
4.	Návrh výzbroje VN rozváděče	32
4.1	Požadavky na výzbroj rozváděče	32
4.2	Vybavení vývodů rozváděče VN	33
4.3	Zvolená konfigurace VN rozváděče.....	35
4.3.1	Blokační schéma typu R6	36
4.3.2	Blokační schéma typu R7	36
4.3.3	Blokační schéma typu R8	36
4.3.4	Průchodky a konektory	37
4.3.5	Stavební úpravy pro rozváděč.....	37
5.	Příprava projektové dokumentace	39
5.1	Technická zpráva.....	40
5.1.1	Předmět technické zprávy	40
5.1.2	Popis technického řešení	40
5.1.3	Technické údaje připojení.....	41
5.1.4	Závěr technické zprávy.....	41
5.2	Dispozice areálu	42
5.3	Schéma přípojky VN a rozváděče VN	43
6.	Ekonomické vyhodnocení návrhu	44
6.1	Položkový rozpočet projektového návrhu	44
7.	Závěr	45

Seznam použitých symbolů a zkratek

CEETe	Centrum Energetických a Environmentálních Technologí – Explorer
SF6	fluorid sírový – využíváný jako izolační plyn
VN	vysoké napětí
NN	nízké napětí
IET	Institut enviromentálních technologií
CPIT	Centrum pokročilých inovačních technologií
VŠB-TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
CAD	Computer-aided design, <i>česky</i> počítačem podporované projektování
ČSN	Česká státní norma
EN	Evropská norma
IEC	International Electrotechnical Commission
Sb.	Sbírky
MaR	Měření a regulace
LDS	lokální distribuční soustava

a mnoho dalších, které jsou obecně známy

Seznam ilustrací a seznam tabulek

<i>Obr. 2.1: Seznam vnějších vlivů dle normy</i>	<i>10</i>
<i>Obr. 3.1 – Schematický průřez kabelu 22-AXEKVCEY</i>	<i>27</i>
<i>Obr. 4.1 – Schematická značka vývodu typu I (odpínač)</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 4.2 – Schematická značka vývodu typu Q (pojistkový odpínač)</i>	<i>33</i>
<i>Obr. 4.3 – Schematická značka zvolené konfigurace rozváděče RM6</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 4.4 – Schéma zapojení blokace typu R6</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 4.5 – Schéma zapojení blokace typu R7</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 4.6 – Schéma zapojení blokace typu R8</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 4.7 – Rozměrový náčrt modulu v konfiguraci QIQI</i>	<i>37</i>
<i>Tab. 3.1 – porovnání výsledků výpočtu zkratových poměrů a katalogových hodnot</i>	<i>31</i>
<i>Tab. 6.1 – Položkový rozpočet návrhu kabelové přípojky a rozvaděče</i>	<i>44</i>

1. Úvod

Tato diplomová práce řeší problematiku projektování VN kabelů a připojení do distribuční sítě. Konkrétní návrh v této práci se zabývá návrhem připojení nové budovy CEETe. Tato budova bude stát v areálu Vysoké školy báňské - Technická univerzita Ostrava. Nová budova CEETe se bude nacházet mezi stávající budovou IET a komplexem Univerzitní mateřské školy VŠB-TUO. Samotný návrh připojení a návrh výbroje rozvaděče pro VN vychází z předběžných podkladů, které má Fakulta elektrotechniky a informatiky VŠB-TUO k dispozici. Z těchto podkladů je pak vypracována projektová příprava ve stupni pro realizaci. Projektová příprava se především zabývá připojením vysokonapěťového kabelu do hlavní rozvody a návrhem rozvaděče pro vysoké napětí.

V teoretické části jsou zpracovány požadavky na projekty dle norem a zákonů. Především lze zmínit, že je zde zpracována problematika vnějších vlivů a určení prostorů podle působení vnějších vlivů, dimenzování kabelových vedení a porovnání hledisek dimenzování. Dále je zde obsažena problematika projektování a projektové přípravy. Tato část zahrnuje především zmínku o platné legislativě, platných předpisech a normách a požadavků na projektanta a přípravu projektu. Nakonec lze zmínit také možnosti projektování pomocí počítačových programů, ať už se jedná o programy typu CAD tak různé výpočetní programy pro dimenzování elektrických zařízení a v neposlední řadě také rozpočtových programů.

V další části se diplomová práce zabývá konkrétním dimenzování přívodního vedení pro budovu CEETe v areálu VŠB-TUO, je zde tedy výpočetně zpracován konkrétní návrh řešení a porovnáno několik variant.

Následně je zpracován návrh výbroje vysokonapěťového rozváděče. Zde je tedy podle dostupných podkladů vypracován návrh na výbroj rozvaděče a uvedeno několik konkrétních typů. Lze konstatovat, že rozvaděče jsou pro VN koncipovány jako seskládané normované bloky. Z hlediska úspory místa je uvažováno pouze s rozváděči, které jsou vybaveny ochranným izolačním plynem SF₆.

V předposlední části je zpracována konkrétní příprava pro projekt. To znamená, že jsou zde zpracovány části projektu, kterými se tato diplomová práce zabývá.

A nakonec je řešeno ekonomické vyhodnocení vlastního návrhu řešení pro VN přípojku budovy CEETe a výbroje rozváděče pro vysoké napětí. Je nutno zmínit, že tato práce se nezabývá řešením transformátoru a dalších rozvodů nízkého napětí v rámci budovy.

Cílem této práce je především uvést problematiku projektování v rámci soustavy vysokého napětí a částečně i nízkého napětí. Pomocí těchto teoretických znalostí je pak možné vytvoření projektové dokumentace pro připojení budovy CEETe včetně návrhu výbroje VN rozvaděče.

2. Teoretický úvod

V této části je řešeno působení vnějších vlivů na elektrotechnické zařízení, problematika dimenzování kabelového vedení VN, prvky jistění a chránění před nebezpečným dotykem a další části nezbytné pro projektovou přípravu.

2.1 Vnější vlivy

Lze konstatovat že na každé elektrické zařízení působí jeho okolí a obráceně, že každé elektrické zařízení působí na své okolí.

Tato působení lze obecně nazvat jako **vnější vlivy**.

Samotné vnější vlivy se určují podle charakteru prostředí a je nutné při návrhu zvolit taková opatření při návrhu elektrického zařízení, aby nevznikalo jakékoliv nebezpečí pro okolí nebo pro samotné zařízení. Dalo by se říct, že nejdůležitějším hlediskem je ochrana proti úrazu elektrickým proudem.

Pro zajištění podmínek a aby nevznikalo nebezpečí úrazu elektrickým proudem, tak je nutné postupovat dle příslušných technických norem.

Pro příslušné prostory je nutné vypracovat protokol o určení vnějších vlivů. Tento protokol je vypracován a schválen odbornou komisí. Tento protokol je jedním z nejdůležitějších dokumentů pro zpracování projektové dokumentace

2.1.1 Typy vnějších vlivů

Vnější vlivy se třídí do stupňů. Každý stupeň vnějšího vlivu je označen dvěma písmeny abecedy a číslicí.

Prvním písmenem je označována všeobecná kategorie vnějšího vlivu:

A – externí činitel prostředí, vlastnosti okolí (např.: teplota okolí, vlhkost, přítomnost vody)

B – typ využití (jakým způsobem je objekt využíván či jeho části)

C – konstrukce budovy (provedení budovy s vazbou na její okolí)

Druhé písmeno označuje podstatu vnějšího vlivu:

A – teplota okolí

B – atmosférické podmínky v okolí

C – nadmořská výška

D – výskyt vody

E – výskyt pevných cizích těles

F – výskyt korozivních nebo znečišťujících látek

G – rázy

H – vibrace

J – ostatní mechanická namáhání

K – výskyt rostlinstva nebo plísni

L – výskyt živočichů

M – elektromagnetická, elektrostatická nebo ionizující působení

N – sluneční záření

P – seizmické účinky

Q – bouřková činnost

R – pohyb vzduchu

S – vítr

Číslice označující třídu vnějšího vlivu:

1 až 8

[7]

2.1.2 Seznam vnějších vlivů

A	Teplota okolí				AG1 AG2 AG3	Ráz mírný střední silný <i>Vibrace</i>	Šířené vedením jednosměrně vedené v časovém měřítku milisekund nebo mikrosekund			
	AA1	-60 °C	+5 °C		AH1	mírné		AM-23-1	kontrolovaná úroveň	
	AA2	-40 °C	+5 °C		AH2	střední		AM-23-2	střední úroveň	
	AA3	-25 °C	+5 °C		AH3	vysoké	AM-23-3	vysoká úroveň		
	AA4	-5 °C	+40 °C		AJ	<i>Ostatní mechanická namáhání</i> <i>Rostlinstvo</i>	AM-24-1	<i>Oscilační přechodové jevy</i> šířené vedením střední úroveň		
	AA5	+5 °C	+40 °C							
	AA6	+5 °C	+60 °C							
	AA7	-25 °C	+55 °C							
	AA8	-50 °C	+40 °C		AK1	bez nebezpečí	AM-24-2	vysoká úroveň		
	<i>Vlhkost a teplota</i> <i>Teplota:</i>				AK2	nebezpečné Živočiškové		<i>Jevy vyzařované s vysokým kmitočtem</i>		
					AL1	bez nebezpečí	AM-25-1	zanedbatelná úroveň		
	AB1	-60 °C	+5 °C	3 %	100 %	AL2	nebezpečné	AM-25-2	střední úroveň	
	AB2	-40 °C	+5 °C	10 %	100 %	<i>Elektromagnetická, elektrostatická nebo ionizující působení</i> <i>Harmonické, meziharmonické.</i>	AM-25-3	vysoká úroveň		
	AB3	-25 °C	+5 °C	10 %	100 %		AM-31-1 AM-31-2 AM-31-3 AM-31-4	<i>Elektrostatické výboje</i> nízká úroveň		
	AB4	-5 °C	+40 °C	5 %	95 %			střední úroveň		
	AB5	+5 °C	+40 °C	5 %	85 %			vysoká úroveň		
	AB6	+5 °C	+60 °C	10 %	100 %			velmi vysoká úroveň		
	AB7	-25 °C	+55 °C	10 %	100 %					
	AB8	-50 °C	+40 °C	10 %	100 %					
	<i>Nadmořská výška</i>				AM-1-1			kontrolovaná úroveň	AM-41-1	<i>Ionizace</i>
	AC1	≤ 2 000 m			AM-2-1	Signální napětí			<i>Sluneční záření</i>	
	Prostředí	AC2	> 2 000 m			AM-2-2	kontrolovaná úroveň	AN1	zanedbatelné	
		AD	<i>Voda</i> zanedbatelná vlně padající kapky vodní tříšť stříkající voda tryskající voda vlny				AM-2-3	střední úroveň	AN2	střední
								vysoká úroveň	AN3	silné
							AM-3-1	kontrolovaná úroveň	AP1 AP2 AP3 AP4	<i>Seizmické působení</i> zanedbatelné
							AM-3-2	normální úroveň		střední
							AM-4	<i>Neustálené napětí</i>		silné
							AM-5	<i>Změny kmitočtu</i>		
							AM-6	<i>Indukované napětí nízkého kmitočtu</i>		
							AM-7	<i>Stejnoseměrný proud v obvodech střídavého proudu</i>		
		AD7	mělké ponoření		AM-8-1	<i>Vyzařovaná magnetická pole</i> střední úroveň	AQ1	zanedbatelná		
		AD8	hluboké ponoření		AM-8-2	vysoká úroveň	AQ2	nepřímé ohrožení		
AE1		<i>Cizí tělesa</i> zanedbatelná malé předměty velmi malé předměty lehká prašnost mírná prašnost silná prašnost					AQ3	přímé ohrožení		
							AM-9-1	zanedbatelná úroveň	AR1	pomalý
							AM-9-2	střední úroveň	AR2	střední
							AM-9-3	vysoká úroveň	AR3	silný
							AM-9-4	velmi vysoká úroveň		<i>Vitr</i>
							AM-21	<i>Indukované oscilující napětí nebo proudy</i>	AS1	malý
AF1		<i>Korozivní působení</i> zanedbatelná atmosférická občasné trvalé					AS2	střední		
							AS3	velký		
							AM-22-1	zanedbatelná úroveň		
							AM-22-2	střední úroveň		
AM-22-3		vysoká úroveň								
AM-22-4		vysoká úroveň								

B	Využití	<i>Schopnosti osob</i>				<i>Dotyk se zemí</i>		<i>Látky v objektu</i> bez nebezpečí nebezpečí šíření ohně nebezpečí výbuchu nebezpečí kontaminace		
		BA1	běžná			BC1	žádný		BE1	bez nebezpečí
		BA2	děti			BC2	výjimečný		BE2	nebezpečí šíření ohně
		BA3	osoby se zdravotním postižením			BC3	častý		BE3	nebezpečí výbuchu
		BA4	osoby poučené			BC4	trvalý		BE4	nebezpečí kontaminace
		BA5	osoby znalé			BD	<i>Únik v případě nebezpečí</i>			
C	Budovy	<i>Konstrukce budovy</i>				<i>Provedení budovy</i>				
		CA	<i>Konstrukční materiály</i>			CB1	zanedbatelné			
		CA1	nehořlavé			CB2	nebezpečí šíření ohně			
		CA2	hořlavé			CB3	nebezpečí posunu			
		CA3	podlažní/nebo nestabilní			CB4	podlažní/nebo nestabilní			

Obr. 2.1: Seznam vnějších vlivů dle normy [7]

2.1.3 Určování prostor dle působení vnějších vlivů

Z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem jsou prostory rozděleny na základě protokolu o určení vnějších vlivů.

2.1.3.1 Prostor normální

Tento prostor je označen jako místo, kde je používání elektrických zařízení bezpečné a nedochází v něm při působení vnějších vlivů ke zvýšenému nebezpečí úrazem elektrického proudu. Platí především, pokud zařízení odpovídají ustanovením příslušných předpisů a norem.

2.1.3.2 Prostor nebezpečný

Jsou za ně označovány takové prostory, kde jsou přechodné nebo stále podmínky, při nichž dochází k úrazu elektrickým proudem

2.1.3.3 Prostor zvláště nebezpečný

Prostor je takový, ve kterém působením vnějších vlivů dochází ke zvýšení nebezpečí úrazu elektrickým proudem. Typické pro tento prostor jsou ztížené podmínky pro práci, např.: práce ve vodě, v kotlích, kovových nádobách a v dalších těsných prostorech s vyskytujícími se kovovými plochami.

[8]

2.2 Dimenzování kabelových vedení

Vedení je dimenzováno tak, aby za každých podmínek byly schopny dodávat elektrickou energii ke koncovým zařízením nebo do rozvodných zařízení. Návrhy vychází z následujících zásad:

- Teplota vodičů při provozu se pohybuje v dovolených mezích
- Průřezy vodičů jsou správně navrhnuté s ohledem na hospodárnost
- Vodiče musí disponovat správnými mechanickými vlastnostmi
- Úbytek napětí na úseku vedení nesmí překročit dovolené meze
- Vedení musí odolávat dynamickým a tepelným účinkům zkratových proudů

Jeden z nejdůležitějších bodů výpočtů je vytvoření bilanční tabulky, která je stanovena pomocí výpočtového zatížení a výpočtového proudu.

Základní uložení a prostředí vodičů [17]

a) uložení ve vzduchu, ve vodorovné poloze, teplota okolního vzduchu 30°C (pro speciální vodiče a kabely odolné vyšším teplotám je základní okolní teplota 90°C bez ohledu na způsob uložení ve vzduchu)

b) uložení v zemi, půda s měrným tepelným odporem 0,7 Km/W, hloubka asi 70 cm pod povrchem a teplota země 20°C

Jestliže se teplota liší od 30 °C ve vzduchu, 20 °C v zemi. Korekce není nutná, překračuje-li teplota půdy 23 °C jen po dobu několika týdnů v roce a teplota vzduchu přesahuje 30 °C jen několik hodin denně a jen na několik týdnů v roce. [17]

2.2.1 Určení zatížení a výpočtového proudu vedení

Výpočet zatížení soustavy P_v

Instalovaný příkon P_i

$$P_i = \sum P_n \quad (2.1)$$

Výkon soudobě pracovních spotřebičů P_{ns}

$$P_{ns} = \sum P_n \quad (2.2)$$

Činitel soudobosti k_s

$$k_s = \frac{\sum P_{ns}}{\sum P_i} \quad (2.3)$$

Činitel zatížitelnosti k_z

$$k_z = \frac{\sum P_s}{\sum P_{ns}} \quad (2.4)$$

kde: P_s je okamžitý výkon současně připojených spotřebičů

Náročnost β

$$\beta = \frac{k_z \cdot k_s}{\eta_s \cdot \eta_m} \quad (2.5)$$

kde: η_s ... účinnost spotřebičů

η_m ... účinnost napájecí soustavy

zatížení soustavy P_v

$$P_v = \beta \cdot P_i \quad (2.6)$$

Výpočet výpočtového proudu I

$$I_v = \frac{P_v}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (2.7)$$

kde: U ... sdružené napětí v napájecí síti

$\cos \varphi$... střední účinník pro danou skupinu zařízení

2.2.2 Dimenzování z hlediska provozní teploty

Dovolený proud vodiče I_Z neboli proudová zatížitelnost vodiče je počítána dle následujícího vzorce:

$$I_Z = k_1 \cdot k_2 \cdot \dots \cdot k_i \cdot I_N \quad (2.8)$$

kde: I_N – je jmenovitý proud pro daný typ a průřez vodiče a pro základní způsoby uložení dle normy ČSN 33 2000-5-523

k_1, k_2, \dots, k_i – jsou přepočítávací součinitelé proudové zatížitelnosti pro podmínky a způsoby uložení dle tabulek ve zdroji [17]

2.2.3 Dimenzování z hlediska úbytku napětí

Dle ČSN je určen dovolený úbytek napětí pro různé typy odběrů. Nicméně úbytek napětí nesmí být trvale větší, než je dovolená hodnota pro daný typ obvodu.

Pro určité typy odběrů jsou dány v různých normách různé hodnoty dovolených úbytků napětí. Níže jsou pak uvedeny příklady z některých norem.

ČSN 33 2130:

Mezi přípojkovou skříní a rozváděčem za elektroměrem je dovolený úbytek:

- světelný a smíšený odběr 2 %
- jiný odběr 3 %

Mezi rozváděčem za elektroměrem a spotřebičem:

- světelné obvody 2 až 4 %
- tepelné obvody 3 až 6 %
- ostatní obvody 5 až 8 %

ČSN 34 1610:

Průmyslové rozvody:

- motorové obvody 5 %
- světelné obvody 3 %
- venkovní světelné obvody 8 %
- tepelné spotřebiče 5 %

Obecně platí, pokud není dovolený úbytek předepsán, že dovolený úbytek napětí nesmí být větší než 5 %. Pro pevné instalace v budovách pak musí být nanejvýš 4 %. [17]

2.2.4 Dimenzování z hlediska tepelných účinků zkratových proudů

V rámci dimenzování je stanoven výpočet pro minimální průřez S_{\min} , kdy vodič musí odolat účinkům zkratových proudů až do doby automatického odpojení t_k :

$$S_{\min} = \frac{I_{ke} \sqrt{t_k}}{K} \leq S \quad (2.9)$$

kde: I_{ke} – ekvivalentní oteplovací proud

t_k – doba vypnutí ochran

K – koeficient pro dimenzování podle tepelných účinků zkratového proudu

2.2.5 Dimenzování vodičů podle hospodárnosti

$$S = k \cdot I_z \sqrt{T} \quad (2.10)$$

kde k je podle ČSN 34 1610

I_z je výpočtový proud [A]

T je doba plných ztrát [s] $T = t \left(0,2 \frac{A}{P_p \cdot t} + 0,8 \frac{A^2}{P_p^2 \cdot t^2} \right)$

t je počet provozních hodin zařízení [h]

A je elektrická energie přenesená vedením za rok [Wh]

P_p je výpočtové zatížení [W]

Výše uvedeným způsobem se provádí návrh, je-li T více než 1000 hod.

2.2.6 Dimenzování jištění vodičů

Dle [17] je dán vztah, kdy musí platit:

Průchozí proud kabelem (výpočtový proud) musí být nižší nebo roven jmenovitému proudu jistícího prvku. Zároveň platí podmínka, že dovolené proudové zatížení je větší nebo rovno jmenovitému proudu jistícího prvku.

Dále také souvisí podmínka, že jmenovitý proud jistícího prvku je stanoven dle výpočtu:

$$I_N \leq K \cdot I_Z \quad (2.11)$$

kde: I_N – jmenovitý proud pojistky

I_Z – dovolené proudové zatížení

K – součinitel přiřazení jistícího prvku k vedení v prostředí o teplotě, pro kterou byl stanoven I_Z

Výpočet zkratových proudů bude uveden v praktické části této práce.

2.3 Projekční činnost

Projekční činnost neboli projektování je činnost, kterou lze popsat jako vzájemně na sebe navazující proces činností. Tyto činnosti pak vedou k vytvoření konečného modelu a postupu realizace zadaného problému. Ve většině případů pak projektování slouží jako návrh řešení konkrétního projektu včetně technického řešení a ekonomického vyhodnocení.

2.3.1 Projektant

Projektant je fyzická osoba (či právnická osoba), která má příslušné oprávnění k činnosti dle zákona 360/1992 Sb.

Projektant silnoproudých zařízení je pak osoba, která se zabývá projektováním v oboru elektro. Následně lze rozdělit projektanty se specializací na oblast nízkého napětí (do 1000 V) a na projektanty se specializací na oblast vysokého napětí (nad 1000 V).

Dále lze projektanty rozdělit dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. na pracovníky pro samostatné projektování a pracovníky pro řízení projektování. Liší se především tím, že pracovník pro řízení projektování je oprávněn vést skupinu projektantů a tím tak zaštitit celý projekt.

Projektant by měl disponovat komplexními znalostmi a ověřeným přístupem k přípravě a realizaci projektů. Důležitá v tomto oboru je hlavně délka praxe projektanta. V podstatě platí, že lepší projektant je zároveň více zkušený. Ale také se může stát, že projektant za celou dobu své praxe naprojektoval již spoustu stejných či podobných projektů. Proto i v těchto případech je nutné ke každému projektu přistupovat jako k novému, protože se může stát, že během rutinních úkonů může na něco pozapomenout. A to hlavně kvůli postupnému zautomatizování těchto rutinních prací.

Oprávnění projektantovi tedy vzniká na základě splnění podmínek pro udělení živnosti. Tyto podmínky především zahrnují splnění požadavků na projektanta dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. V této práci není potřeba citovat příslušné paragrafy z vyhlášky, protože tyto informace jsou veřejně dostupné. Jen lze zmínit, že je ideální, aby projektant elektrických zařízení měl ideálně vysokoškolské vzdělání v oboru, v kterém vykonává projekční činnost. Obor studia musí mít elektrotechnický charakter, příklad oborů je uveden v příloze vyhlášky

Je také důležité zmínit, že projektant neboli pracovník dle § 10 vyhlášky č. 50/1978 Sb. nemůže vykonávat práce na elektrickém zařízení. Pro samostatné vykonávání práce na elektrických zařízeních je nutné mít dle § 6 stejné vyhlášky. Pro další činnosti včetně řízení pracovníků je nutné mít další oprávnění (§ 7 anebo § 8).

[9]

2.3.2 Technické předpisy a normy

Lze tímto termínem shrnout právní předpis, podle kterého jsou stanoveny požadavky na bezpečnost, ochranu osob a také ochranu životního prostředí především u staveb. Technické předpisy jsou obecně závazné a navazují na platnou legislativu. Mezi legislativu se počítají hlavně zákony, vyhlášky a vládní nařízení. Právě kvůli obecné závaznosti a napojení na legislativu musí být tedy vždy splněny podmínky, které tyto technické předpisy stanovují.

Technické předpisy jsou více stručné, přehledné, a většinou mají delší dobu platnosti než technické normy.

Technické normy jsou rozšířením požadavků na správnost provedení, ochranu zdraví a bezpečnost osob. Naopak České státní normy na rozdíl od technických předpisů nejsou obecně závazné. Na rozdíl od platné legislativy nejsou technické normy volně šiřitelné. Zpravidla si je konkrétní subjekt kupuje pro svou potřebu.

Technické normy můžeme dělit na:

Podnikové normy

– jsou normy s omezenou platností a vztahují se na určitý subjekt, či areál subjektu

Národní normy

– národní normy jsou obecně platné a mohou být i v harmonizované podobě, která odkazuje na mezinárodní normy

Mezinárodní normy

– jsou to především normy informativního charakteru, ale většina zemí včetně České republiky tyto normy přejímá a harmonizuje dle svých požadavků.

Nakonec lze k normám zmínit, že jich je velmi velké množství. V oboru elektrotechniky jsou to především normy ČSN začínající čísly 33 až 38

2.3.3 Legislativa

Pro dodržování zákonů je nutné, aby projektant byl znalý zákonů především ve svém oboru. Níže jsou tedy vyjmenovány nejdůležitější legislativní dokumenty, které mají vliv na projektování v oboru elektrotechniky (hlavně VN část) a distribučních soustav.

2.3.3.1 Energetický zákon

Zákon č. 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů neboli zkráceně Energetický zákon stanovuje podmínky podnikání, výkon státních organizací v energetice. Součástí tohoto zákona nejsou jen elektroenergetické nařízení, ale také řeší oblast plynárenství a teplárenství. V obecné části zákona je definováno, kdo uděluje a kdo může vlastnit licenci v energetice. Zkráceně tedy subjekty, které chtějí podnikat v energetice, musí mít licenci pro podnikání v energetice dle tohoto zákona. [10]

V zákonu jsou především z oboru elektroenergetiky stanoveny podmínky pro elektrické přípojky, přeložky a další nezbytně nutné údaje pro koncové subjekty.

Jsou zde vymezeny základní pojmy v oboru elektroenergetiky [10]:

- Distribuční soustava – vzájemně propojený soubor vedení, kabelů a elektrických zařízení. Jedná se tak o všechny prvky v rámci napěťových hladin od 0,4 kV až do 110 kV. Normalizované jsou dnes hladiny napětí 0,4; 22; 110 kV. Jiné hladiny napětí jsou již zastaralé a s jejich obnovou se dále dle zákona neuvažuje. Nedílnou součástí distribuční soustavy jsou také systémy pro měření, regulaci a ochranu. Dále také zařízení zabezpečovací a informační a telekomunikační techniky

- Elektrická stanice – je to stavba nebo soubor staveb a zařízení sloužících pro transformaci, rozvod a kompenzaci elektrické energie.
- Odběrné místo – místo, kde je instalováno odběrné zařízení a je tak připojeno k distribuční či přenosové soustavě.

Pro projektování vedení a elektrických zařízení je v tomto zákoně stanoven termín ochranné pásmo. Těchto ochranných pásem je pro určité typy zařízení hned několik. [10]

Ochranné pásmo elektrického zařízení je definováno jako prostor, v jehož nejbližším okolí není dovoleno používat jiné zařízení. Dodržování těchto ochranných pásem je závazné a vzniká při územním rozhodnutí o stavbě. V ochranném pásmu je zakázáno bez souhlasu vlastníka zřizovat stavby, které znesnadňují přístup k elektrickému zařízení; provádět zemní práce; provádět činnosti, které ohrožují spolehlivost a bezpečnost provozu elektrického zařízení. [10]

2.3.3.2 Stavební zákon

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu zkráceně jen Stavební zákon má zásadní vliv na projekční činnost. Pro obor elektrotechniky především vliv na projektování elektrických zařízení. Jsou v něm zásadně upraveny záležitosti týkající se stavebního řádu. [11]

Projektant dle stavebního zákona odpovídá za správnost projektové dokumentace. Dle zákona je také povinen dbát legislativních předpisů a spolupracovat s orgány. Dále projektant ručí za proveditelnost stavby dle své projektové dokumentace. [11]

2.3.3.3 Vyhláška o technických požadavcích na stavby

Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby je soubor požadavků na bezpečnost práce, stavební konstrukce a dočasné konstrukce, technické zařízení a další požadavky pro určité typy staveb. [12]

Z hlediska projektování VN přípojky a rozvodny VN je důležité pro tuto diplomovou práci z tohoto zákona uvést:

- Vnitřní silnoproudé rozvody se připojují do distribuční sítě přípojkou nebo rozšířením distribuční soustavy.
- Elektrický rozvod musí splňovat požadavky dle druhu provozu na bezpečnost, provozní spolehlivost podle vlivu prostředí, přehlednost rozvodu pro případné urychlené odstranění poruch, dodávku elektrické energie pro taková zařízení, které i při požáru musí zachovat svou činnost, a nakonec také musí splňovat elektromagnetickou kompatibilitu při souběhu nebo křížování s komunikačními a dalšími inženýrskými rozvody.
- Transformační stanice a náhradní zdroje musí vyhovovat všem požadavkům na bezpečnost atd.
- Stavba musí mít trvale přístupné a viditelné vypnutí elektrické energie. Zároveň musí umožňovat vstup kabelů a komunikací do budovy až ke koncovým zařízením.

2.4 Projektová dokumentace

Projektová dokumentace je nedílnou součástí stavby a je také podmínkou, aby stavba mohla být prováděna.

Je to soubor informací, které slouží nejen pro realizaci. V prvních fázích řízení slouží, aby se mohlo rozhodnout, že stavba bude zahájena. Také může sloužit jako podklad k odkupu pozemků.

V dnešní době je projektová dokumentace zpracovávána výhradně v elektronické podobě. Nicméně pro archivaci a další použití projektové dokumentace musí být předána v tištěné podobě. Je to také z toho důvodu, že pracovníci na stavbě mají jednoduší orientaci v papírové verzi, případně nemají technické prostředky, aby si elektronickou verzi mohli sami vytisknout či zobrazit na zařízení.

2.4.1 Proces tvorby projektové dokumentace

Proces tvorby projektové dokumentace od začátku až po samotnou realizaci a dokončení stavby lze definovat jako pracovní postup v několika krocích.

1. Prostudování zadání a zjištění informací o budoucí stavbě
2. Osobní návštěva budoucí stavby a vytvoření fotodokumentace z místa
3. Vypracování studie stavby
4. Provedení geodetického zaměření a vytyčení inženýrských sítí, které již existují
5. Zajistit vyjádření majitelů dotčených pozemků a provozovatelů inženýrských sítí
6. Zajistit vyjádření potřebných orgánů ke stavbě (životní prostředí, hasiči, povodí apod.)
7. Vypracování projektové dokumentace pro územní řízení
8. Vypracování projektové dokumentace pro stavební povolení a předání stavebnímu úřadu
9. Schválení dokumentace stavebním úřadem a vydání stavebního povolení
10. Provedení dalšího zaměření a vytyčení před realizací
11. Vypracování dokumentace pro provádění stavby a následná realizace stavby
12. Vypracování dokumentace skutečného provedení stavby

V praxi většinou dochází k velkým časovým odstupům mezi jednotlivými kroky a projektant pak musí určité části projektové dokumentace přepracovat podle novějších předpisů a norem.

Za úspěšný projekt si lze představit takový, který: splnil termín výstavby, dodržel plánované náklady a dodržel kvalitativní požadavky podle původního návrhu.

2.4.2 Druhy projektové dokumentace

Projektová dokumentace se dělí na základě účelu a určení. Projektová dokumentace je tak rozdělena do několika fází. V průběhu vypracovávání dalších fází projektové dokumentace dochází k upřesňování informací o stavbě.

2.4.2.1 Studie

Studie bývá zpravidla úplně na počátku, aby se mohlo rozhodnout, jestli stavba dává smysl. Jejím úkolem je především informovat investora o možném technickém řešení a finanční náročnosti prvotního záměru. Zpravidla je zpracováno hned několik možných variant, aby si mohl investor vybrat, které mu nejvíce vyhovuje a je pro něj přínosem.

Jejím obsahem bývá technická zpráva, výpočet chodu sítě, měření, doklady a hrubý rozpočet.

2.4.2.2 Dokumentace pro územní řízení (DÚR)

Na základě tohoto typu dokumentace se přistupuje k vydání územního rozhodnutí o umístění stavby. Územní řízení se musí uskutečnit, pokud na pozemku, kde má být realizována stavba, není územním plánem schváleno využití pozemku pro stavební účely.

V rámci dokumentace se řeší vzájemné vztahy k životnímu prostředí, zemědělskému půdnímu fondu, ochraně kulturního bohatství, požárními předpisy a dalším provozním a dopravním podmínkám.

2.4.2.3 Dokumentace pro stavební povolení (DSP)

Je nedílnou součástí k vyřízení stavebního povolení. Obsahuje konstrukční řešení objektů, prostorové uspořádání, materiálové specifikace stavby, znalecké posudky apod. Dokumentace musí odpovídat rozsahu v rámci územního rozhodnutí a odpovídat obecným technickým požadavkům, zvláštním právním předpisům a normám.

2.4.2.4 Dokumentace pro výběr zhotovitele (DVZ)

Někdy také označována jako dokumentace pro zadání stavby (DZS). Tato dokumentace bývá přiložena k poptávce a slouží jako podklad pro výběrová řízení. Projektová dokumentace obsahuje technické informace (parametry, specifikace a počty zařízení), na jejichž základě bude vypracována nabídka a následně výběrovým řízením vybrána prováděcí firma a dodavatel materiálu. Často se ale stává, že některá nabídka neodpovídá cenově technickému rozsahu a zakázku tak vyhraje mnohdy nabídka, která na začátku byla nejlevnější, ale ke konci se díky odkladům a průtahům několikanásobně prodraží.

2.4.2.5 Dokumentace pro provádění stavby (DPS)

Tento typ dokumentace slouží jako podklad k realizaci stavby. Jsou zde uvedeny konkrétní technické návrhy a řešení projektu.

2.4.2.6 Dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS)

Dokumentace skutečného provedení stavby je záznamem reálného stavu. Jelikož během stavby může dojít k neočekávaným komplikacím a odchylce od projektové dokumentace, bývá zpracována tato dokumentace dokládající dodatečné změny, k nimž došlo v průběhu stavby.

2.4.3 Skladba projektové dokumentace

Dle novely zákona o dokumentaci staveb 405/2017 Sb. se skladba a struktura liší v závislosti na stupni projektové dokumentace.

2.4.3.1 Průvodní zpráva

Obsahuje identifikační údaje o stavbě, stavebníkovi a zpracovateli projektové dokumentace.

2.4.3.2 Souhrnná technická zpráva

Obsahuje popis území stavby, celkový popis stavby (základní charakteristiku objektu, bezpečnost, základní charakteristiku technických zařízení, požárně bezpečnostní řešení, hospodaření s energiemi), připojení na technickou infrastrukturu (napojovací místa, výkonové kapacity), dopravní řešení, terénní úpravy, popis vlivu stavby na životní prostředí a jeho ochranu, ochranu obyvatelstva a základy organizace výstavby. [19]

2.4.3.3 Situace stavby

Zpravidla obsahuje situační výkresy širších vztahů v měřítku 1 : 1000 a 1 : 50000.

V těchto výkresech je zdůrazněno napojení na dopravní a technickou infrastrukturu jsou navržena ochranná a bezpečnostní pásma a vyznačeny hranice dotčeného území. Situace stavby také obsahuje koordinační situační výkres zpravidla ve stejném měřítku jako předchozí výkres, jenž je zpracován do katastrální mapy.

2.4.3.4 Dokumentace stavby a technologických zařízení

Součástí této části je především technická zpráva, výkresová část a případně i výpočty a dokladová část. Je však nutné tyto části zpracovávat pro všechny stavební objekty a technologie zvlášť

Technická zpráva slouží k doplnění technických, konstrukčních, materiálových nebo i dispozičních řešení. Předepisuje zvláštní podmínky pro montáž a realizaci. V technické zprávě bývají uvedeny aktuální technické normy, které jsou použity dále v projektu.

Výkresová část poskytuje grafické znázornění technického řešení. Standardně se využívá 2D prostoru z hlediska dobré reprezentace v tištěné formě, pro potřeby modelace a vizualizace je možné využít 3D prostoru grafických programů.

Dokladová část obsahuje stanoviska, rozhodnutí a posudky, které jsou zpracovány v průběhu zpracování projektové dokumentace.

2.5 Software pro projektování

Lze konstatovat, že v současné době se projektová dokumentace zpracovává výhradně pomocí počítačů, pouze některé archaické způsoby, avšak stále efektivní, neumožňují na vše použít počítačové programy.

2.5.1 Grafické programy pro 2D a 3D projektování

Grafických programů pro projektování je velké množství. Nejčastěji se používají 2D grafické programy typu CAD pro standardní výkresy, kterými mohou být situační výkresy, dispoziční výkresy, ale také liniová schémata elektrických stanic, půdorysy objektů a další.

Nejčastějšími formáty pro šíření výkresů je DWG, případně volněji dostupnější DXF. Pro katastrální mapy se používá otevřený standard DGN.

Mezi nejznámější programy pro grafické projektování patří bezesporu AutoCAD. Ten je nejuniverzálnější platformou pro projektování.

Existuje spousta dalších a více specializovaných programů, které jsou v mnoha ohledech daleko lepší než univerzální kreslicí programy.

2.5.1.1 AutoCAD

Vyvíjený společností Autodesk, která má velice široké portfolio počítačových programů. Využívá standardů DWG a DXF. Najde uplatnění díky své univerzálnosti v mnoha technických oborech včetně elektrotechniky, stavebnictví, geodézii, strojírenství a tepelné techniky.

Plnohodnotná verze programu je společností Autodesk poskytována formou předplatného a umožňuje grafické kreslení ve 2D i 3D prostoru. Společnost Autodesk nabízí spoustu doplňků jako je např. AutoCAD Electrical, který je určen především pro elektrotechniku.

2.5.1.2 ELProCAD

Software ELProCAD od firmy ASTRA MS Software je grafický databázový systém určený k projektování elektrických zařízení především v oblasti silnoproudu, slaboproudu, měření a regulace. Nabízí funkce pro dimenzování, výpočty, specifikace elektrických zařízení a umožňuje vytvářet rozpočty pomocí programu Verox. Systém nemá vlastní grafický editor a musí být zakomponován do programů BricsCAD nebo AutoCAD. Jedná se o modulární systém – to znamená, že uživatel si může vybrat požadovaný modul dle vlastních požadavků a zaměření. Výhodou je pak přímé propojení rozpočtů a výkresů

2.5.1.3 Eplan

Software Eplan disponuje automatickým generováním grafických objektů pomocí zadáváním do databáze. Na základě nastavení, je pak schopen při automatizovaném procesu v rychlosti vygenerovat i několik výkresů. Tento software se hodí především pro elektrická schémata.

2.5.2 Software pro výpočet parametrů elektrických zařízení

Tyto programy slouží ke zjednodušení a zrychlení projektování. Zároveň je lze použít jako ověřovací element v rámci kontroly správnosti navrženého zařízení. Veškeré požadované výpočty programy vyhodnocují na základě platných norem ČSN. Výstupem programů je automaticky generovaný dokument projektu obsahující vytvořené schéma zapojení sítě, parametry použitých prvků, výsledky výpočtů a zprávu o výpočtech.

2.5.2.1 Sichr

Tento software je od české společnosti OEZ vyrábějící jističí přístroje. Je zaměřen na návrh a kontrolu sítí NN, a to všech možných variant. Program pracuje s výrobky společnosti OEZ, přístroje od konkurenčních firem vkládat nelze – databázi je možné doplnit pouze o vlastní transformátory, generátory a silové kabely.

Mezi hlavními výhodami tohoto software jsou: přehlednost, funkčnost, možnost ekonomické optimalizace a také je nabízen jako freeware

Mezi nevýhody lze pak zahrnout, že v něm nelze pracovat s konkurenčními výrobky a také, že umí řešit pouze paprskové sítě.

2.5.2.2 Monty

Program MONTY od společnosti EGÚ Brno slouží k dimenzování vedení a podpěrných bodů na napěťových hladinách VVN, VN a NN. Výstupem programu jsou montážní tabulky pro vodiče venkovních vedení, které bývají přikládány k projektové dokumentaci. Práce v programu spočívá v zadání vstupních dat jako jsou např. rozpětí, výška závěsu vodiče nad zemí, typ vodiče, rychlost větru, úroveň spolehlivosti, kategorie terénu, námrazová oblast, teplota a další parametry odvíjející se od zvolené normy. Na základě takto zadaných parametrů program vypočítá průhyby vedení, síly ve vodiči a výsledné hodnoty namáhání, dle kterých je provedeno dimenzování podpěrných bodů. Výhodou programu je možnost výběru normy (z několika předdefinovaných norem ČSN a ČSN EN), podle které bude výpočet proveden. Demoverzi programu je možné stáhnout na stránkách výrobce a pro získání plné verze je nutné zakoupit licenci. [20]

2.5.3 Rozpočtový software

Rozpočet lze vytvářet všemi možnými způsoby. Pro malé aplikace může postačit pouhý tabulkový editor typu Microsoft Excel. Ten však pro automatické generování cen a další prvky sestav není vhodný. Proto bylo potřeba vyvinout specializovaný software, který bude právě rozsáhlé rozpočty vytvářet automatizovaně.

2.5.3.1 Verox

Program Verox od společnosti ASTRA MS Software je určen k tvorbě rozpočtů a specifikací projektu v oblasti elektrotechniky (silnoproud, EPS, měření a regulace, sdělovací zařízení) a vzduchotechniky. Systém obsahuje rozsáhlé ceníkové databáze s aktuálními cenami materiálů, které jsou aktualizované a udržované autorskou firmou ve spolupráci s výrobcí materiálu. Funkčnost tohoto

programu zajišťuje příjemné uživatelské prostředí a databázový editor, ve kterém lze provádět údržbu a editaci rozpočtů. Program umožňuje kompletní export rozpočtu do Excelu a následné uzamčení obsahu dokumentu. Zakoupení programu je možné na stránkách výrobce. [21]

3. Dimenzování kabelového vedení pro přípojku budovy CEETe

Stávající stav neumožňuje přímé napojení do rozvodného systému v areálu VŠB-TUO. Je tedy v této práci navrženo řešení, které minimalizuje množství úprav do stávající soustavy. [14]

Konkrétní řešení tedy počítá s využitím stávajících rozvaděčů VN ve stávajících budovách IET a CPIT. Budova CPIT je napojena na budovu IET pomocí VN kabelové smyčky. V rámci jednoduchého řešení bude tato smyčka rozpojena a napojena přes budovu CEETe, kde budou připraveny 2 vývody v rozvaděči VN, aby bylo zachováno stávající propojení budovy CPIT a IET. [14]

Návrh kabelové trasy počítá s délkou 160 m od místa rozpojení před budovou IET. Na kabelu pak budou provedeny kabelové spojky pro smyčkové napojení pole č. 1 a 2. Takže celková délka kabelu bude $2 \times (3 \times 140 \text{ m})$ celkem tedy pro jeden směr 140 metrů kabelu v třífázovém provedení. [14]

3.1 Parametry sítě

Rozvodná soustava: 3 AC 50Hz, 22kV / IT

Uvažovaný účinník: $\cos \varphi = 0,95$

Stanovený třífázový zkratový výkon sítě: $S_{k3}'' = 200 \text{ MVA}$

Ochranná opatření před úrazem el. proudem dle ČSN 33 2000-4-41 ed.3:

Ochranná opatření před dotykem živých částí: izolací, kryty a přepážkami

Ochranná opatření při poruše před dotykem neživých částí: uzemněním

Čas vypnutí ochran $t_k = 0,6 \text{ s}$

3.2 Výpočet celkového zatížení objektu

Výchozí hodnoty pro objekt jsou dány z projektu [14] a vypočtené hodnoty dle vzorců výše (kapitola 1.2):

Vypočtené podílové maximum [14]:	Pi (kW)	β	Pb (kW)
Osvětlení	15,2	0,80	12,2
Architektonické osvětlení objektu	41,0	0,50	20,5
Zásuvkové rozvody (mimo technologii)	225,0	0,30	67,5
Elektrické vyhřívání pochozích ploch	10,2	0,70	7,1
Stavební elektroinstalace, výtah	42,5	0,40	17,0
Záložní bateriový zdroj UPS, CBS	110,0	0,60	66,0
Vzduchotechnika	156,8	0,65	101,9
Chlazení, topení	296,5	0,65	192,7
Technologie, nabíjecí stanice	2 285,0	0,17	388,5
Mezisoučet	3 182,2		873,4
Náročnost mezi odběry		0,57	
Celková bilance:	3 182,2		497,8

Spotřeba elektrické energie pak bude stanovena následně
(předběžná doba provozu po – pá: 12 hodin = 3128 h/rok)

$$W = P_b \cdot t = 497,8 \cdot 3128 = 1\,557 \text{ MWh/rok} \quad (3.1)$$

Dle výkonu je zvolen transformátor 630 kVA při činném maximálním výkonu dle uvažovaného účinku je zatíženost transformátoru na přibližně 83 % dle výpočtu:

$$\gamma_{TR} = \frac{P_b}{S_{TR} \cdot \cos \varphi} = \frac{497,8}{630 \cdot 0,95} = 0,8317 \quad (3.2)$$

Vzhledem k tomu že se nepočítá s výrazným rozšířením do budoucna, tak navržený transformátor je zcela vyhovující.

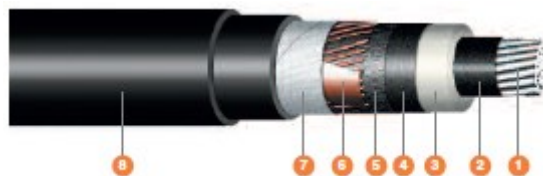
3.3 Návrh kabelové přípojky pro budovu CEETe

Mezi budovami CPIT a IET je existující kabel, který je uložen v zemi v trojsvazku. Na tento kabel je navrženo rozpojení před budovou IET a pomocí kabelových spojek bude realizováno připojení nové budovy CEETe.

Kabelová přípojka VN bude uložena ve výkopu 600 x 1100 mm. Dále budou tyto kabely uloženy v korugovaných chráničkách. Tyto pak budou uloženy v prefabrikovaných betonových kanálech. Betonové kanály se nakonec zakryjí zhutněnou zeminou a výstražnou fólií.

Již existující kabel propojení mezi budovami CPIT a IET je typ 22-AXEKVCEY s průřezem 150 mm². Je zvoleno navrhnout i vzhledem k normám použití stejného typu kabelu. [14]

3.3.1 Parametry navrhovaného kabelu 22-AXEKVCEY 150 mm²



Obr. 3.1 – Schematický průřez kabelu 22-AXEKVCEY [15]

- 1 – hliníkové jádro
- 2 – Vnitřní polovodivá vrstva
- 3 – Izolace zesíleného polyetylenu (XLPE)
- 4 – Vnější polovodivá vrstva
- 5 – Polovodivá vodoblokující páska
- 6 – Stínění měděnými dráty s protispirálou z měděné pásky
- 7 – Vodoblokující páska
- 8 – Vnější polyetylenový a polyvinylchloridový plášť

[15]

3.3.1.1 Vlastnosti kabelu 22-AXEKVCEY

Jmenovité napětí	22 kV
Maximální napětí	25 kV
Zkušební napětí	50 kV
Provozní teplota jádra	90 °C
Maximální provozní teplota při zkratu	250 °C
Rozsah teplot při provozu	–35 až +90 °C
Minimální teplota při skladování	–25 °C
Minimální teplota pokládky	–5 °C
Barva izolace	přírodní
Barva pláště	červená nebo černá
Odolnost proti šíření plamene	ČSN IEC 332-1
Balení	dřevěné nebo kovové bubny
Označení CE prohlášení	ANO

3.3.1.2 Mechanické vlastnosti kabelu 22-AXEKVCEY 150 mm²

Tvar jádra	RM (složené z laněných vodičů)
Průměr jádra	14,2 mm
Jmenovitá tloušťka izolace	5,5 mm
Průměr přes izolaci	26,5 mm
Jmenovitá tloušťka pláště	2,5/1,5 mm
Vnější průměr	39 mm
Poloměr ohybu	585 mm
Hmotnost	1595 kg/km

3.3.1.3 Elektrické vlastnosti kabelu 22- AXEKVCEY 150 mm²

Činný odpor	0,206 Ω/km
Kapacita	0,25 μF/km
Indukčnost (v trojúhelníkovém svazku)	0,39 mH/km
Indukčnost (ve vzduchu paralelně)	0,55 mH/km
Indukčnost (v zemi paralelně)	0,61 mH/km
Proudová zatížitelnost v zemi v trojúhelníku	319 A

Vzhledem k zachování co nejlepších parametrů kvality elektrické energie je zvoleno uložení do trojúhelníkových svazků. Všechny parametry kabelu převzaty z [15]

3.3.2 Výpočet na dovolené provozní oteplení a zatížení

Vzhledem k tomu že v reálných podmínkách je závislost provozního oteplení a zatížení kabelu dána několika faktory, které nelze přímo ovlivnit, tak lze počítat především s tím, že známe proud, který bude kabel trvale zatěžovat (provozní proud) I_Z . Tento proud nesmí však překročit jmenovitou proudovou zatížitelnost vodičem, aby nedošlo k poškození izolace kabelu nadměrným oteplením kabelu.

Dle známých informací o prostředí lze tedy uvažovat s parametry:

Teplota okolí $\vartheta_0 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Referenční hodnota tepelného odporu $\alpha = 0,7\text{ Km/W}$ [16]

Dále je použito několik hodnot dle zdroje [17]:

Z tabulky 7 [17] je určen koeficient: 1,22

Z tabulky 11 [17] je určen koeficient: 0,70

Zbýlé koeficienty pro dovolený proud z tabulek [17] jsou rovny 1, takže je lze ve výpočtu zanedbat

Z tabulky 18 [17] je dále určen koeficient materiálu vodiče: 91

$$I_Z = I_V = \frac{P_B}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi} = \frac{497,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 22 \cdot 10^3 \cdot 0,95} = 13,75\text{ A} \quad (3.3)$$

$$I_Z \leq k_1 \cdot k_2 \cdot I_N = 1,22 \cdot 0,7 \cdot 319 = 272,426\text{ A} \quad (3.4)$$

$$13,75 \leq 272,43 \quad (3.5)$$

Podmínka pro dovolený zátěžný proud je tedy splněna. Proud vypočtený dle spotřeby budovy CEETe je dostatečně malý, aby stávající kabel nebyl ovlivněn spotřebou budovy CEETe. Podmínka pro oteplení kabelu je tedy splněna.

3.3.3 Výpočet úbytku napětí na kabelu

Výpočet je dán pouze pro nově položenou část, délka kabelu je tedy 140 m v trojsvazku ve dvou délkách. Výpočet pro jednu délku:

$$\Delta U = R_K \cdot l \cdot I_V \cdot \cos\varphi + X_K \cdot l \cdot I_V \cdot \sin\varphi \quad (3.6)$$

$$\Delta U = 0,206 \cdot 0,14 \cdot 13,75 \cdot 0,95 + 2\pi \cdot 50 \cdot 0,39 \cdot 10^{-3} \cdot 0,14 \cdot 13,75 \cdot 0,3122$$

$$\Delta U = 0,45 \text{ V}$$

Úbytek napětí v procentech pak bude následující

$$\Delta u_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot \Delta U}{U} \cdot 100 = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,45}{22 \cdot 10^3} \cdot 100 = 3,5 \cdot 10^{-3} \% \quad (3.7)$$

Pro obě délky tedy bude úbytek dvojnásobný. Lze tak ale pořád říct, že úbytek na kabelu bude téměř zanedbatelný. Dále ale při výpočtu byla zanedbána spousta faktorů. Lze zmínit že nebylo počítáno s přechodovými odpory na kabelových spojkách, přechodovými odpory na koncovkách v rozvaděči atd.

Podmínky pro úbytky napětí na zvoleném kabelu vyhovují.

3.3.4 Výpočet zkratových poměrů

Elektrická zařízení musí být dimenzována, aby odolávala vlivům tepelných a dynamických účinků zkratových proudů. Pro výpočty zkratových poměrů musí být určeno několik hodnot

Nejprve je nutno určit impedanci sítě ze zvoleného zkratového výkonu. Dle normy je zvolen koeficient $c = 1,1$ pro napěťovou hladinu 22 kV

$$\bar{Z}_S = j \cdot \frac{c \cdot U^2}{S_{k3}} = j \cdot \frac{1,1 \cdot (22 \cdot 10^3)^2}{200 \cdot 10^6} = j2,662 \, \Omega \quad (3.8)$$

Následně je určena impedance celé délky kabelu až do místa rozpojení dle parametrů výše

$$\bar{Z}_K = 2 \cdot l \cdot (R_K + jX_K) = 2 \cdot 0,14 \cdot [0,206 + j(100\pi \cdot 0,39 \cdot 10^{-3})] = 0,058 + j0,034 \, \Omega \quad (3.9)$$

Součtem impedancí je nám známa celková impedance zkratového obvodu:

$$\bar{Z} = \bar{Z}_S + \bar{Z}_K = j2,662 + 0,058 + j0,034 = 0,058 + j2,696 \, \Omega \quad (3.10)$$

Velikost impedance pak odpovídá:

$$Z = |\bar{Z}| = \sqrt{0,058^2 + 2,696^2} = 2,697 \, \Omega \quad (3.11)$$

V dalším výpočtu je pomocí velikosti impedance vypočítána hodnota počátečního rázového zkratového proudu:

$$I_{k3}'' = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{1,1 \cdot 22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 2,697} = 5,180 \text{ kA} \quad (3.12)$$

Při výpočtu ekvivalentního oteplovacího proudu je určen součinitel pro tepelné účinky součinitel pro tepelné účinky stejnosměrné složky zkratového proudu m a střídavé složky zkratového

proudu n dle normy ČSN EN 60909-0 [17]. V normě je uvedeno, že je možné pro distribuční sítě počítat s součinitelem $n = 1$. A pro vzdálené zkraty s dobou trvání zkratu $t_k \geq 0,5$ s je možno uvažovat že $m + n = 1$.

$$I_{ke} = I_{k3}'' \cdot \sqrt{m + n} = 5180 \cdot \sqrt{1} = 5,180 \text{ kA} \quad (3.13)$$

Nyní už stačí pouze dát do výpočtu pro výpočet minimálního možného průřezu výše vypočtené hodnoty:

$$S_{min} = \frac{I_{ke} \cdot \sqrt{t_k}}{K} = \frac{5180 \cdot \sqrt{0,6}}{91} = 44,1 \text{ mm}^2 \quad (3.14)$$

Z výše uvedeného je patrné, že volený průřez kabelu by mohl být menší. Pokud ale zachováme průřez kabelu nebude ze zkušeností docházet k výraznému oteplení kabelu na přechodech průřezu. Navíc takovéto řešení není povolené, pokud se jedná o napojení kabelu. Pokud tedy kabel o určitém průřezu spojujeme, tak vždy musíme pokračovat ve stejném průřezu dále. Snížení průřezu je možné pouze za předpokladu dodatečného předřazení jištění kabelu. V našem případě je to ale nevyhovující, protože rozvaděč VN umístěný v budově IET nedisponuje volným vývodem.

V katalogu [15] je dále uvedeno několik dalších hodnot, ke kterým bylo docíleno výpočtem. Tyto hodnoty jsou v rámci této práce určeny především pro ověření správnosti výpočtu. Respektive, že hodnoty uvedené v [15] jsou vyšší než námi vypočtené. Je to dáno z toho důvodu, že zkratové poměry počítané v katalogu jsou maximálními hodnotami. Takže naše řešení zcela vyhovuje. Pár hodnot k porovnání:

Tab. 3.1 – porovnání výsledků výpočtu zkratových poměrů a katalogových hodnot

Veličina	V katalogu [15]	Výpočtem
Ekvivalentní zkratový proud	14,2 kA	5,18 kA
Proudová zatížitelnost	319 A	13,75 A

Závěrem lze tedy říct, že navrhovaný kabel vyhovuje požadavkům na provozní oteplení a zatížení, úbytek napětí a tepelné účinky zkratových proudů

4. Návrh výbroje VN rozváděče

Dle situace je nutno navrhnout rozváděč, který bude kompaktní a zároveň dostatečně vybavený, aby obsáhl veškerou technologii, kterou je potřeba připojit.

Lze vycházet ze situace, kde máme 2 přívody/vývody dané rozpojením kabelu, který původně vedl z objektu CPIT do objektu IET.

Dále potřebujeme jeden vývod pro vlastní spotřebu budovy CEETe, tudíž pro transformátor 22/0,4 kV. Ten bude umístěn také ve VN rozvodně budovy CEETe.

A nakonec je potřeba počítat s rezervou budoucí výstavby a napojení budovy Ekonomické fakulty Vysoké školy báňské - Technická univerzita Ostrava

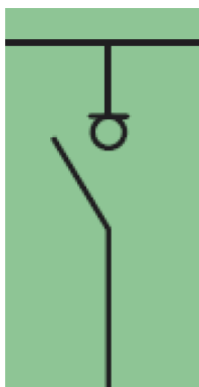
4.1 Požadavky na výbroj rozváděče

Výrobce rozváděčů je celá řada, ale i kvůli snížení ekonomických nákladů byl zvolen výrobce Schneider Electric, který nám svou produktovou řadou RM6 zcela vyhovuje.

Produktová řada RM6 kompaktních rozváděčů je určena pro vnitřní a kioskové rozvodny, kdy je kladen důraz na maximální úsporu místa v rozvodně. Tyto rozváděče jsou vybaveny velkým množstvím volitelných prvků. Především jsou ale zapouzdřeny v ochranném plynu SF₆, který je potřebný pro minimalizaci stavebních rozměrů.

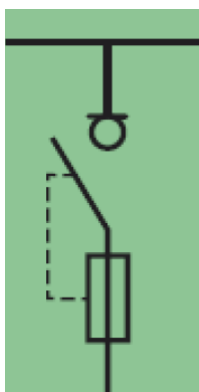
4.2 Vybavení vývodů rozváděče VN

Takže nyní je potřeba navrhnout rozvaděč pro 4 vývody. Na 3 kabelové vývody postačí pouze vývod typu I [18], který je vybaven odpínačem:



Obr. 4.1 – Schematická značka vývodu typu I (odpínač) [18]

Pro připojení transformátoru je doporučeno využít vývod typu Q. Tento typ vývodu je vybaven pojistkovým odpínačem.



Obr. 4.2 – Schematická značka vývodu typu Q (pojistkový odpínač) [18]

Dle údajů výrobce [18] musíme zvolit rozvaděč s vývody typu IIQI.

Pro budoucí rozšíření je ale dobré uvažovat s dalším možným rozšířením. Lze tedy zvolit rozšíření buď na pravou stranu, na levou stranu nebo na obě strany. Konfigurace pro rozšíření na obě strany je nicméně pro náš případ zbytečná, protože nevyhovuje stavebnímu prostoru.

Kvůli zástavbě je zvolena varianta vpravo rozšiřitelná.

Výrobní kód rozvaděče nakonec bude RM6 RE-IIQI

Dále výrobce nabízí možnost volby přípojníc, a to podle dimenzování proudové zatížitelnosti. V našem případě, kde kabel má maximální proudovou zatížitelnost 319 A, bude stačit použití 400A přípojníc.

Odpínače jsou dimenzovány odepnutí jmenovitého napětí 630 A při teplotě okolí do 40 °C. Pro vyšší teploty jsou hodnoty jmenovitých proudů sníženy.

Pro vývod s pojistkovým odpínačem závisí na typu pojistek, nicméně odpínač je stále dimenzován až do 630 A až do teploty 40 °C

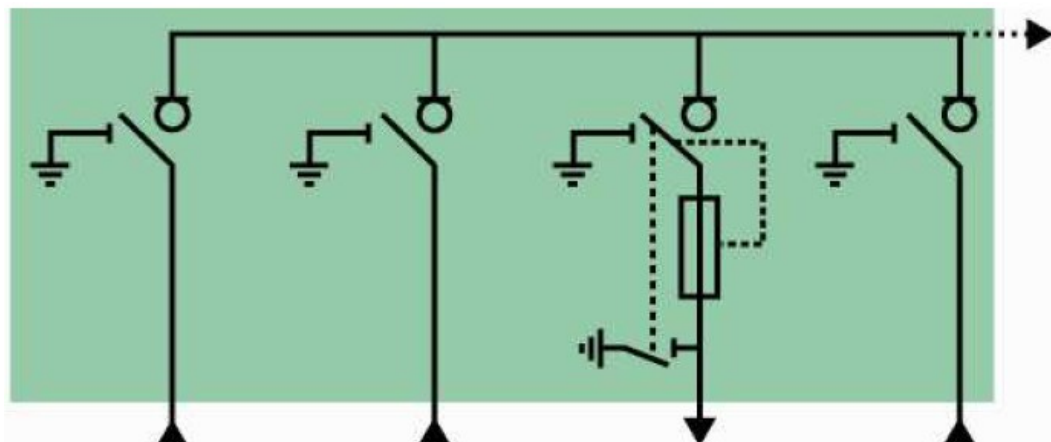
Mezi volitelné příslušenství rozváděče lze vybrat manometr či tlakový spínač. Dále pak indikátory napětí (VPIS nebo VDS).

Rozváděče RM6 jsou testovány na stupeň krytí IP67. v rámci NN části rozváděčů je pak uvedeno krytí IP3x. Stejná hodnota krytí platí i pro čelní panel a mechanismus.

Ochrana proti mechanickým rázům je uvedena hodnotou IK07

4.3 Zvolená konfigurace VN rozváděče

Dle katalogu a projekčních podkladů je navrhnout rozváděč v konfiguraci RM6 RE-IIQI



Obr. 4.3 – Schematická značka zvolené konfigurace rozváděče RM6 [18]

Rozváděč má následující parametry [18]:

Jmenovité napětí	25 kV
Krátkodobý výdržný proud	12,5 kA při $t_k = 1$ s
Jmenovitý proud přípojníc	400 A
Vypínací schopnost odpínače I	
normální zatížení	400 A
zemní porucha	320 A
kabel naprázdno	110 A
Zapínací schopnost odpínače I a uzemňovačů	31,25 kA
Průchodky	typ B nebo C
Jmenovitý proud vývodu na transformátor Q	200 A
Zapínací schopnost při transformátoru naprázdno	16 A
Zkratová vypínací schopnost	12,5 kA
Zapínací schopnost	31,25 kA max
Průchodka	typ A

Parametry rozváděče jsou vzhledem ke kabelovým možnostem zcela dostačující. Pomocí výpočtu bylo také dokázáno, že proudy při zkratech jsou nižší než uvedené v katalogu rozváděče.

Rozváděče jsou vybaveny dálkovým ovládáním pomocí motorového pohonu. Lze tak na dálku spínat či odpínat vývody. S největší pravděpodobností, budou pohony řízeny pomocí nadřazeného MaR systému. Následně jsou vývody vybaveny indikací stavu pomocí samostatných pomocných kontaktů. Signalizace je nutná pro zpětné ověření, že pokud MaR systém provedl změnu, tak se

systemu potvrdí, že je odpínač ve správné poloze. Mezi další výbavu lze zahrnout i pomocné kontakty pro signalizace přepálení pojistek.

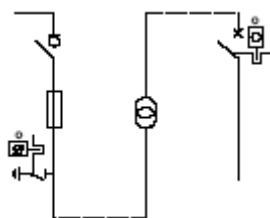
Rozváděče lze vybavit i měřicími moduly, nicméně pro potřeby budovy CEETe stačí pouze fakturační měření na NN straně.

Dále lze jednotlivé vývody vybavit blokacemi, kdy je znepřístupněn přístup do VN částí skříně, dokud není splněna určitá podmínka

Na vývodu pro transformátor je možné použití tří druhů blokad: R6, R7 a R8 [18]

4.3.1 Blokační schéma typu R6

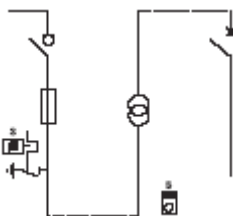
zabraňuje sepnutí uzemňovače a přístupu k VN pojistkám pokud nebyl hlavní NN jistič zablokován ve vypnuté nebo odpojené poloze [18]



Obr. 4.4 – Schéma zapojení blokace typu R6 [18]

4.3.2 Blokační schéma typu R7

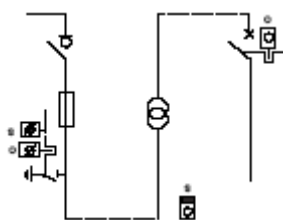
Zabraňuje přístupu k transformátoru, pokud nebyl uzemňovač zablokován v sepnuté poloze. [18]



Obr. 4.5 – Schéma zapojení blokace typu R7 [18]

4.3.3 Blokační schéma typu R8

Zabraňuje sepnutí uzemňovače a přístup k VN pojistkám, pokud nebyl NN jistič zablokován ve vypnuté nebo odpojené poloze. A zároveň zabraňuje přístupu k transformátoru, pokud nebyl uzemňovač zablokován v sepnuté poloze. [18]



Obr. 4.6 – Schéma zapojení blokace typu R8 [18]

4.3.4 Průchodky a konektory

Obecně lze říct, že všechny rozměry jsou definovány dle normy ČSN EN 60137 [18]

Průchodky jsou vyráběny z epoxidové pryskyřice a jsou podrobeny dielektrickým zkouškám na průmyslovém kmitočtu a krátkodobým výbojům

Průchodky jsou vyráběny ve 3 rozměrech: A, B a C

Typ A je definován jako nejmenší typ s parametry 200 A, 12,5 kA po 1 s a 31,5 kA max při nasunutí.

Typ B je větší typ průchodky dimenzován pro 400 A, 16 kA po 1 s a 40 kA max při nasunutí.

Typ C se rozměrově neliší od typu B, ale je dimenzován pro 630 A, 25 kA po 1 s a 62,5 kA max při nasunutí.

Následně je potřeba určit ještě další množství parametrů, jak budou kabely připojeny. Protože typů konektoru se vyrábí velké množství, aby byla možná velká škála možností připojení. Vyrábí se tedy konektory pro různé výrobce kabelů samostatně.

4.3.5 Stavební úpravy pro rozváděč

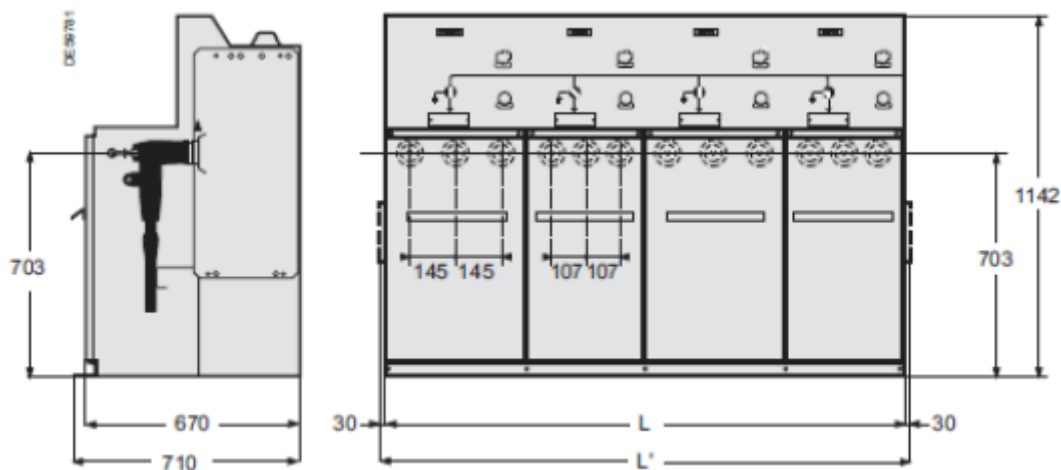
Pro zvolenou konfiguraci RE-IIQI je udávána hmotnost sestavy 355 kg [18]

Délka (šířka) kompaktního rozváděče je celkem 1649 mm (v obr. 4.7 jako rozměr L')

Výška celé sestavy je 1142 mm

Zástavbová hloubka je 710 mm i s podstavcem

Výška konektorů od podlahy je 703 mm



Obr. 4.7 – Rozměrový náčrt modulu v konfiguraci QIQI [18]

Je uveden rozměrová náčrt pro konfiguraci QIQI. Nicméně v rozměrech se od zvolené konfigurace IIQI nijak neliší.

Pokud by bylo potřeba připojit rozšiřující modul, tak je potřeba počítat nejen s další šířkou jednoho modulu, ale také ještě s vymezovací vložkou.

Dle výrobce nesmí být rozvaděče umístěny přímo na stěně ani v blízkosti stropu. Aby byla zachována cirkulace, tak je stanovena minimální vzdálenost umístění zadní stěny rozvaděče od zdi 70 mm. Výška stropu v místnosti musí být nejméně 1,2 metru.

Pokud je rozvodna vybavena ochranou proti vnitřním obloukům tak je nutné zajistit odvod plynů spodem rozvaděče.

Zároveň je nutno uvést, že rozvaděče umožňují přivedení kabelů pouze spodem z kabelového kanálu. V případě stavby budovy CEETe je to žádoucí. Proto nelze tyto rozvaděče použít, pokud jsou kabely přiváděny do objektu vzduchem z vrchu.

5. Příprava projektové dokumentace

Jak bylo zmíněno výše, tato práce projednává pouze část projektu budovy CEETe a to konkrétně 2 části: Kabelovou přípojku VN a výzbroj rozvaděče VN do které je kabel VN přiveden.

V rámci projektové přípravy je tedy nutno počítat s několika zásadami pro projektování a dodržovat je.

Projektová dokumentace je standardně rozdělena na část textovou a výkresovou.

Textová část obsahuje základní údaje o stavbě, technická řešení jednotlivých stavebních objektů, tabulku pro určení vnějších vlivů a soupis materiálu.

Výkresová část obsahuje několik celků řešení. Zpravidla je rozdělena na část s celkovou situací stavby, část s výkresovou dokumentací kabelů a část s dokumentací jednotlivých stavebních objektů.

Výkresová část této diplomové práce je rozdělena na část dispozice a na část schématu připojení VN kabelu

Následně je tedy uvedena projektová dokumentace v následující podobě:

- Technická zpráva
- Rozpočet – je uveden v kapitole 6 Ekonomické zhodnocení návrhu
- Výkresová část
 - Situační výkres stavby s vyznačenou kabelovou přípojkou
 - Schéma připojení budovy CEETe

5.1 Technická zpráva

5.1.1 Předmět technické zprávy

Předmětem této části projektu je provedení přípojky VN pro objekt CEETe, který je realizován pomocí rozpojení stávajícího kabelu mezi budovami CPIT a IET. Dále je předmětem návrh vstupního rozváděče VN, který bude instalován uvnitř objektu CEETe. Konkrétně bude instalován v rozvodně, kde bude také umístěn transformátor 22/0,4 kV, akumulátorová stanice a NN rozvodné systémy

5.1.2 Popis technického řešení

Tato část řeší přípojku VN (22kV) pro objekt CEETe ze stávajícího objektu IET. Rozvaděč 22kV v objektu IET je napojen kabelovou smyčkou VN z rozvodny z objektu CPIT. Kabelový přívod VN z objektu CPIT1 bude před objektem IET rozpojen a na rozpojeném kabelu budou provedeny kabelové spojky pro napojení pole č.1 a pole č.2 VN rozvaděče v objektu CEETe. Kabelová smyčka VN bude provedena pomocí kabelů 2x (3x AXEKVCEY 150 mm²). Schematicky je napojení znázorněno na výkresovém schématu dispozice budovy. Kabelová přípojka VN budou uložena ve výkopu o rozměrech 600x1100 mm. Kabely budou protaženy skrze chráničky, které budou uloženy v prefabrikovaných betonových kanálech. Betonové kanály jsou nakonec zakryty zeminou s výstražnou fólií.

Dále je nutné dodržet zásady křížení a souběhu při VN a NN kabelech v rámci podzemní infrastruktury dle ČSN 73 6005

V rozvodně bude umístěn rozvaděč typu RM6 RE-IIQI, který je vybaven izolačním plynem SF6 a 4 moduly. Dále je tato sestava rozšiřitelná na pravou stranu.

Tyto 4 moduly jsou:

- pole č. 1 – odpínač – přívod z CPIT
- pole č. 2 – odpínač – přívod z IET
- pole č. 3 – pojistkový odpínač pro transformátor
- pole č. 4 – odpínač – vývod pro budoucí rozvoj v areálu VŠB

Technické parametry rozváděče VN

Typ rozváděče:	kompaktní SF6 plynem izolovaný rozvaděč
Jmenovité napětí:	25 kV
Provozní napětí:	22 kV
Jmenovitý proud přípojnic:	400 A
Krátkodobý proud:	12,5 kA / 1 s
Dynamický proud:	40 kA max.
Odolnost proti oblouk zkratu IAC:	12,5 kA / 1 s
Přibližný rozměr rozvaděče:	1649 x 1142 x 710 mm (ŠxVxHL)
Přibližná hmotnost rozvaděče:	355 kg

Napojení rozváděče bude provedeno pomocí zemní kabelové přípojky VN uvedené výše. Kabely při vstupu do objektu CEETe budou utěsněny proti vniku vody a vlhkosti zvenčí.

Kabelové rozvody budou uloženy v kabelovém prostoru pod rozváděčem VN, do kterého budou zakončeny.

5.1.3 Technické údaje připojení

Rozvodná soustava: 3 AC 50Hz, 22kV / IT

Ochranná opatření před úrazem el. proudem dle ČSN 33 2000-4-41 ed.3:

Ochranná opatření před dotykem živých částí: izolací, kryty a přepážkami

Ochranná opatření při poruše před dotykem neživých částí: uzemněním

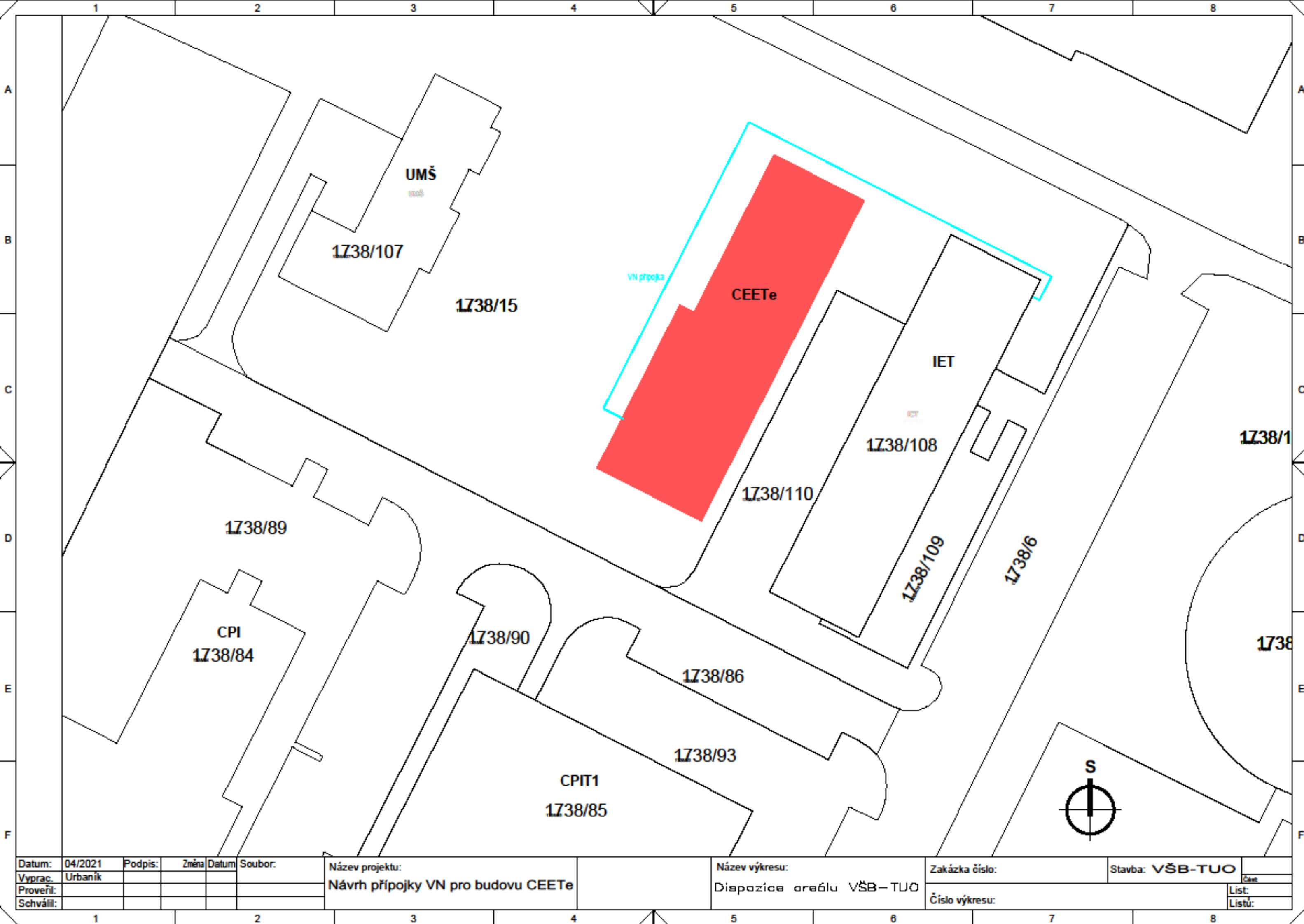
Přibližná délka kabelových tras VN 140 m

5.1.4 Závěr technické zprávy

Veškeré provedené práce a materiál musí odpovídat platným předpisům, normám a certifikacím. Dále také všem zákonům a vyhláškám.

Před uvedením do provozu je na montážní organizaci předvést funkčnost zařízení a provést výchozí revizi připojení.

Likvidace odpadů během realizace stavby bude prováděna dle zákona o likvidaci odpadů



6. Ekonomické vyhodnocení návrhu

V rámci technické dokumentace byl zpracován i položkový rozpočet. Je tak nedílnou součástí technického návrhu a je nutný pro správné pochopení vytvořeného projektu. Dále je zobrazen zjednodušený položkový rozpočet pro návrh přípojky VN pro budovu CEETe. V položkovém rozpočtu jsou především data o použité technice a s tím souvisejícími pracemi. Uvedené ceny jsou pouze orientační a vycházejí z praktických zkušeností projektantů. Některé ceny byly stanoveny na základě informací od výrobců či dodavatelů. Vzhledem k tomu že ve většině případů se jedná o citlivé informace, tak jsou v této části uvedeny částky pouze za celkové části.

6.1 Položkový rozpočet projektového návrhu

Tab. 6.1 Položkový rozpočet návrhu kabelové přípojky a rozvaděče

1	Přípojka VN			511 126,00 Kč
1	1	Vyhledání kabelové trasy 22kV, identifikace kabelu 22 kV	ks	1,000
1	2	Vypínání sítě 22 kV, práce techniků	h	10,000
1	3	Spojka 22 kV pro jednožilový kabel s plastovou izolací 120-240 mm ²	ks	6,000
1	4	Koncovka vnitřní pro jednožilové kabely 22kV s plastovou izolací 50-150mm ² (sada 3.ks)	ks	4,000
1	5	Zemní kabel 22 kV s XLPE izolací a pláštěm, podélně vodotěsný, 22-AXEKVCE 1x150 mm ²	m	840,000
1	6	Betonový kabelový kanál 1m, vč. betonového poklopu	ks	120,000
1	7	Ohebná odvouplášťová chránička HDPE D160mm, vč. protahovacího lanka a spojek	ks	120,000
1	8	Výstražná fólie z PVC červená	m	280,000
1	9	Kabelová značka pro trasování kabelových vedení	ks	14,000
1	12	Výkop a zához kabelové rýhy 600 x 1100 mm	m	120,000
1	17	Utěsnění kabelového prostupu proti vnikání vlhkosti do průměru 160 mm	ks	2,000
1	18	Napojení na stávající zařízení	h	24,000
1	19	Provedení revizních zkoušek a vysokonapěťových zkoušek kabelů 22 kV	ks	1,000
1	20	Doprava a ostatní náklady	ks	4,000
1	21	Hodinové sazby, koordinace s ostatními profesemi, BOZP	h	18,000
2	Rozvodna VN			237 990,00 Kč
2	1	VN rozváděč - Kompaktní izolovaný SF6 plynem rozváděč dle projektové dokumentace	ks	1,000
2	2	Montáž rozvaděče 22 kV	ks	1,000
2	3	Koncovka vnitřní pro jednožilové kabely 22kV (3 ks)	ks	2,000
2	4	Napojení na stávající zařízení	h	8,000
2	5	Napojení rozvaděče VN a transformátoru na soustavu uzemnění rozvodny	ks	1,000
2	6	Provedení revizních zkoušek a vysokonapěťových zkoušek kabelů 22 kV	ks	1,000
2	7	Doprava a ostatní náklady	ks	4,000
2	8	Hodinové sazby, koordinace s ostatními profesemi, BOZP	h	8,000
	Cena celkem bez DPH			749 116,00 Kč

Z tabulky uvedené výše je zřejmé, že cena za tyto dvě části se blíží částce 750 tisíc Kč bez DPH. Vzhledem k tomu, že není známa celková cena projektu, ani nejsou žádné jiné konkurenční nabídky k dispozici, tak nelze konstatovat, jestli je cena příliš drahá nebo naopak příliš levná. Zde je důležité zdůraznit taky to, že do ceny je započítán materiál a práce na VN části. Pro skutečnou cenu by bylo třeba ještě doplnit náklady na dodatečné úpravy, přeložky a náklady spojené s další výstavbou sítí NN a cenu vypracované projektové dokumentace.

7. Závěr

Cílem této práce bylo přiblížit tematiku projektování VN přípojky a rozváděče VN. V rámci této práce byly zapracovány teoretické znalosti studenta. Přínosem je tak poukázání na zhodnocení projektu jako takového, že je realizovatelný.

Z teoretické části je potřeba zmínit, že projektování je řízeno legislativními, právními předpisy a zákony, normami a technickými předpisy. Dále také upravují některé technické části vyhlášky a nařízení vlády.

Praktická část byla zaměřena na popis a technický návrh konkrétního připojení objektu do lokální distribuční soustavy v areálu VŠB-TUO. Vzhledem k současnému stavu, kdy nově budované budovy v areálu školy jsou připojovány výhradně pomocí VN distribuční sítě na hladině napětí 22 kV, tak jiné možnosti řešení praktické části ani nejsou možné. Dále také, aby nedošlo k rozšíření nákladů a dodatečných úprav již existujících distribučních rozvaděčů, bylo počítáno pouze s jednou variantou připojení nové budovy CEETe do lokální distribuční soustavy. Tato varianta spočívá v tom, že stávající propojení mezi budovami IET a CPIT bude přerušeno a pomocí kabelových spojek bude napojena v dvoukabelovém trojsvazku nová budova CEETe

V rámci výpočtů bylo zjištěno, že současný kabel 22-AXEKVCEY o průřezu 150 mm² je zřejmě dostačující i pro rozšíření až do budovy CEETe. Je to dáno tím, že odběr budovy CEETe nijak zásadně neovlivňuje chod sítě v uzlu mezi budovami CPIT a IET. Lze zmínit fakt, že vypočtená roční spotřeba elektrické energie je na úrovni běžných průmyslových objektů či školských objektů. Při budování sítě muselo být počítáno s možnými budoucími rozšířeními a je tak naddimenzovaná.

Je nutno, ale zmínit fakt, že v rámci této diplomové práce nebylo počítáno s dalšími objekty v rámci LDS VŠB-TUO a nebyla tak celková distribuční soustava brána jako celek. To by v zásadě také mohlo ovlivnit výsledek samotného připojení nové budovy CEETe.

Dále byla zpracována zjednodušená dokumentace v rámci této diplomové práce. Ta má za úkol technicky přiblížit skutečnosti, s kterými bylo dříve počítáno. V rámci technické zprávy jsou tak zmíněny technické parametry, které jsou důležité především pro správný výběr rozvaděčů a ostatních elektrických zařízení.

Ve výkresové části byl zpracováno připojení navrhnuté kabelové přípojky. Díky grafickému znázornění, je tak představa o celkovém připojení daleko snazší.

Nakonec bylo provedeno ekonomické zhodnocení. Ekonomické zhodnocení je nedílnou součástí každé projektové dokumentace a udává nám další hodnoty, podle kterých je nutno vybírat z velkého množství technických variant. V dnešní době jsou kladeny vysoké technické požadavky na elektrická zařízení a zároveň je potřeba, aby finanční stránka projektu byla správně zhodnocena pro minimalizace nákladů.

Na celkový návrh je tak potřeba se dívat hlavně z délky doby, kdy se bude objekt využívat. Je dále počítat s dalším rozvojem v rámci LDS VŠB-TUO a to hlavně při využití automatizovaných prvků, dobíjecích stanic, elektrických zdrojů využívající obnovitelné energie. V rámci podzemní kabelové sítě je také menší riziko poruch než u standardních venkovních vedení. Nepůsobí na kabelové vedení

povětrnostní vlivy, tím se snižuje poruchovost. To také přispívá k větší spolehlivosti dodávky elektrické energie.

Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] ČSN 33 2130 ed.3. Elektrické instalace nízkého napětí - Vnitřní elektrické rozvody. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2014
- [2] FENCL, František. Elektrický rozvod a rozvodná zařízení. Vyd. 4. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04351-6.
- [3] ČSN EN 61439-1 ed.2. Rozváděče nízkého napětí - Část 1: Všeobecná ustanovení. Praha. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2012
- [4] MERTLOVÁ, Jiřina a Lucie NOHÁČOVÁ. Elektrické stanice a vedení. V Plzni: Západočeská univerzita, Fakulta elektrotechnická, 2008. ISBN 978-80-7043-724-7.
- [5] PNE 33 0000-2 ed.4. Stanovení základních charakteristik vnějších vlivů působících na rozvodná zařízení distribuční a přenosové soustavy. Praha. ÚJV Řež, a.s. 2010
- [6] ČSN 33-2000-5-54 ed. 3. Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění, ochranné vodiče a vodiče ochranného pospojování. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012
- [7] ELEKTRO: recenzovaný odborný časopis pro elektrotechniku [online]. 30. 2020 [cit. 2021-4-10]. ISSN 1210-0889. Dostupné z:
http://www.odbornecasopisy.cz/flipviewer/Elektro/2020/01/Elektro_01_2020/
- [8] ČSN 33 2000-5-51 ED.3 (332000) Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy. 3. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [9] Vyhláška č. 50/1978 Sb.: Aktuální znění 01.09.1982 (verze 2). In: . Český úřad bezpečnosti práce a Český báňský úřad o odborné způsobilosti v elektrotechnice. Dostupné také z:
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1978-50>
- [10] Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). In: Sbírka zákonů České republiky. 2000, 131/2000.
- [11] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: Sbírka zákonů České republiky. 2006, 63/2006.
- [12] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby. In: Sbírka zákonů České republiky. 2009, 81/2009.
- [13] TOMAN, Petr, Jiří DRÁPELA, Stanislav MIŠÁK, Jaroslava ORSÁGOVÁ, Martin PAAR a David TOPOLÁNEK. Provoz distribučních soustav. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 263 s.: il. ISBN 978-80-01-04935-8.
- [14] Centrum Energetických a Environmentálních Technologií – Explorer (CEETe): Projektová dokumentace pro vydání stavebního povolení. Ostrava, 2020.
- [15] Energetické kabely. Kladno, 2012. Dostupné také z:
https://nkt.widen.net/content/nfjkw4cw/pdf/Energeticke_kabely_CZ-EN_20131.pdf

[16] ČSN 33 2000-5-52 ed. 2. Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

[17] Tabulky pro dimenzování vodičů [online]. [cit. 2021-2-28]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/18462500-Tabulky-pro-dimenzovani-vodicu.html>

[18] Schnieder Electric RM6 24 kV. Praha, 2013. Dostupné také z: http://www.elisch.cz/wp-content/uploads/2015/08/rm6_24V.pdf

[19] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb. In: Sbírka zákonů České republiky. 2006, 163/2006.

[20] Mechanika vedení [online]. [cit. 2021-4-10]. Dostupné z: <https://www.egubrno.cz/sluzby-a-produkty/mechanika-vedeni/>

[21] Verox [online]. [cit. 2021-4-10]. Dostupné z: <https://www.astrasw.cz/verox>